

Synchronizacja układów wyspowych z siecią elektroenergetyczną z wykorzystaniem bezprzewodowej transmisji sygnałów

Streszczenie

Niniejsza rozprawa koncentruje się na problemach związanych z zapewnieniem ciągłości utrzymania synchronizacji pomiędzy lokalną siecią elektroenergetyczną a mikro-siecią podczas przełączeń lub utraty połączenia galwanicznego pomiędzy tymi sieciami.

Synchronizacja mikro-sieci z siecią elektroenergetyczną ma kluczowe znaczenie dla niezawodności dystrybucji energii w systemach rozproszonych. Klasyczna synchronizacja przewodowa, szeroko znana i często stosowana, zapewnia szybkie i bezpieczne dopasowanie parametrów chwilowych napięć łączonych ze sobą systemów dystrybucji energii. Metody te wymagają pomiarów chwilowych napięć mierzonych w punkcie łączenia systemów i dostarczenia jej za pośrednictwem kabli teleinformatycznych. Ze względu na to wymaganie, w wielu przypadkach, rozwiązania przewodowe nie są uzasadnione ekonomicznie lub nawet niemożliwe do zastosowania ze względu na ograniczenia topologii sieci a w szczególności odległości pomiędzy synchronizowanymi generatorami. Ponadto punkty łączenia sieci mogą być odległe od wytwórczych generatorów. To z kolei może zmienić parametry jakościowe napięcia, stając się źródłem niestabilności całego systemu. Potrzeba rozwiązania tego problemu zainspirowała autora rozprawy do podjęcia tematyki pracy doktorskiej.

Głównym celem rozprawy jest zaprojektowanie innowacyjnej strategii synchronizacji zdalnej, w której wyeliminowano pomiary w punkcie przyłączenia mikro-sieci do systemu elektroenergetycznego, a za to zaimplementowano komunikację bezprzewodową oraz nowatorskie algorytmy. W rozprawie sformułowano tezę badawczą zgodnie z którą zastosowanie autorskiej metody synchronizacji zdalnej ze znacznikiem czasu TS-RS (timestamp-remote synchronization) w znacznym stopniu eliminuje stany nieustalone w trakcie procesu łączenia systemów.

Metodyka przedstawionych w dysertacji badań opiera się na modelach matematycznych, symulacjach wykonywanych w programie MATLAB/Simulink oraz wynikach rzeczywistych uzyskanych na autorskim stanowisku badawczym odwzorowującym mikro-sieć na model symulacyjny. Zaproponowana metoda synchronizacji zdalnej ze znacznikiem czasu została przebadana w warunkach laboratoryjnych. Badania prowadzono z wykorzystaniem ogólnodostępnych mediów transmisji: Wi-Fi i 4G. Wyniki eksperymentalne oraz czasy wymagane do poprawnej synchronizacji porównano z wynikami uzyskanymi przy użyciu metod przewodowych. Zalety opracowanej

metody potwierdzono badając stany nieustalone przyłączonego mikro-źródła, w obecności typowych zaburzeń napięcia sieci. Uzyskane wyniki potwierdziły postawioną tezę naukową oraz wskazały na duży potencjał aplikacyjny metody.

Przedstawione w rozprawie wyniki rozważań modelowych, badań stanowiskowych i programistycznych podkreślają innowacyjny aspekt proponowanej strategii zdalnej synchronizacji, która eliminuje obecne niedogodności związane z bezpośrednim pomiarem chwilowych napięć sieci. Proponowany system można podłączyć do sieci elektroenergetycznych bez ograniczeń lokalizacyjnych, co jest szczególnie korzystne w przypadku dużych odległości oraz niezadowalającej jakości napięcia w punkcie przyłączenia. Proponowana metoda zapewnia stabilne działanie mikroźródła w obecności typowych zaburzeń napięcia sieci. Zaproponowana oraz przebadana laboratoryjnie metoda zdalnej synchronizacji posiada potencjalnie duży potencjał aplikacyjny i może stanowić kluczowe rozwiązanie dla rozwoju sieci dystrybucyjnych przyszłości, znacząco podnosząc bezpieczeństwo i niezawodność eksploatowanych systemów, zwłaszcza o rozproszonej strukturze.

Słowa kluczowe: Synchronizacja zdalna ze znacznikiem czasu, synchronizacja autonomicznej mikrosieci, generacja rozproszona, Ethenet, mikrosieci